Aus der Kgl. orthopädischen Poliklinik München.
(Vorstand: Professor Dr. Lange.)

Die Schwerlinie des menschlichen Körpers bei stehender Stellung. Ihre Lage in Bezug auf die Füsse.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der
gesamten Medizin
verfasst und einer
Hohen medizinischen Fakultät
der
Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München
vorgelegt von

Karl Alexandrides
aus Serres (Türkei).

München 1911.
K. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Aus der Kgl. orthopädischen Poliklinik München.
(Vorstand: Professor Dr. Lange.)

Die Schwerlinie des menschlichen Körpers bei stehender Stellung.
Ihre Lage in Bezug auf die Füsse.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Karl Alexandrides
aus Serres (Türkei).

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

München 1911.
K. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München.

Referent: Herr Geh. Rat Prof. Dr. Ritter von Angerer.

τοῖς σεβαστοῖς γονεῦσι

ὁ συγγραφεύς.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545808_0040

I. Physikalische Vorbemerkungen.

Jeder Körper wird von der Erde angezogen. Die Anziehungskraft der Erde kann man sich als eine Kraft vorstellen, welche an jedem Teilchen des Körpers wirkt und zwar in der Richtung nach dem Zentrum der Erde zu (das ist die vertikale Richtung). Infolge der grossen Entfernung des Erdzentrums von dem Körper kann man diese Kräfte als miteinander parallel annehmen und nach dem Gesetze über die Vereinigung parallel wirkender Kräfte sie zu einer Mittelkraft zusammensetzen. Der Angriffspunkt dieser Mittelkraft ist der Schwerpunkt des betreffenden Körpers. Die durch diesen Punkt gehende Senkrechte ist die Schwerlinie dieses Körpers, das ist also die Gerade, die durch den Schwerpunkt und das Erdzentrum durchgeht. Wird nun der Körper um seinen Schwerpunkt gedreht während der Schwerpunkt seine Lage beibehält, so ändert die Schwerlinie ihre absolute Lage nicht, wohl aber ihre Lage in Bezug auf die verschiedenen Punkte des Körpers. Das Verhältnis der Schwerlinie zum Körper ist demnach für jede Stellung des Körpers ein anderes. Die Lage des Schwerpunkts ändert sich aber natürlich nicht. Dies gilt indes nur für starre Massen, die nicht aus einzelnen miteinander gelenkig verbundenen Gliedern bestehen. Der menschliche Körper besteht nun zum grösseren Teil aus weichen Massen. In seinem Innern zirkulieren ausserdem Flüssigkeiten, wodurch ihre Verteilung im Körper eine wechselnde ist. Durch die Respiration wird auch eine, wenn auch unbedeutende Inkonstanz der Masse des Körpers bedingt.

In der Tat hat auch Mosso (Application de la balance à l'étude de la circulation chez l'homme. Arch. ital. de Biol. 1884, V, 131) nachgewiesen, dass Zirkulation und Respiration einen fortwährenden Wechsel des Schwerpunktes des menschlichen Körpers bedingen. Viel bedeutender ist die Verlagerung des Schwerpunkts, welche durch die verschiedene Stellung der einzelnen Körperglieder zueinander bedingt wird. Wenn wir also vom Schwerpunkt des menschlichen Körpers sprechen, so müssen wir im Auge behalten, dass er nur für eine bestimmte Körperhaltung eine bestimmte Lage hat.

II. Die Methoden zur Bestimmung des Schwerpunktes des menschlichen Körpers.

a) Die Methode von Borellus.

Die Versuche zur Bestimmung des Schwerpunkts des menschlichen Körpers datieren schon ziemlich lange. Der Mathematiker Borelli (de motu animalium. Lugduni Batavorum. 1679), der eingehende Untersuchungen über das Gehen und Laufen anstellte, unternahm diese Bestimmung in der Weise, dass er einen nackten Menschen auf einem horizontalen Brette sich ausstrecken liess und Mensch + Brett auf der Kante eines senkrecht gestellten Brettes äquilibrierte. Dadurch kommt er zu einer ungefähren Bestimmung des Schwerpunkts, den er „inter nates et pubin“ legt.

b) Die Methode der Brüder Wilh. und Ed. Weber (Mechanik der menschl. Gehwerkzeuge. Gött. 1836 S. 113).

Auf dem gleichen Prinzip beruht die Methode von den Brüdern Weber. Sie erzielten insofern eine Besserung, als sie nicht wie Borelli Brett + Mensch durch Verschieben zum Äquilibrieren zu bringen suchten, sondern zuerst das Brett ins Gleichgewicht brachten und dann den Menschen auf das äquilibrierte Brett sich legen liessen. Ihre Methode ist folgende:

Ein horizontales Brett wird auf die abgerundete Kante eines vertikalen Brettes wie bei Borelli ins Gleichgewicht gebracht. Das eine Ende des horizontalen Brettes wird unterstützt und nun legt sich darauf ein ausgekleideter Mann mit dem Kopfende auf der unterstützten Seite. Er verschiebt sich mit leichten vorsichtigen Schüben gegen die nicht unterstützte Seite hin (während natürlich das Brett seine Lage beibehält), bis das Brett nach dieser Seite hin überschlägt. Selbstverständlich liegt jetzt der Schwerpunkt jenseits der Unterstützungslinie des horizontalen Brettes bezw. der Körperstelle, die von einer durch diese Linie gezogenen vertikalen Ebene geschnitten wird. Durch ein vom Scheitel gefälltes Senklot wird die Lage desselben auf dem Brette markiert. Jetzt legt sich der Mann um, so dass seine Füsse auf der unterstützten Seite, sein Kopf auf der anderen Seite liegen. Er verschiebt sich wieder langsam gegen das freie Ende hin, bis das Brett umkippt. Es liegt wieder der Schwerpunkt jenseits der Körperstelle, die auf der Unterstützungslinie des horizontalen Brettes sich befindet, diesmal aber nach dem Kopfe zu und zwar um eben so viel wie vorhin nach den Füssen zu. Ein vom Scheitel gefälltes Senklot bestimmt wieder die Lage desselben auf dem Brette. Die Entfernung zwischen den zwei durch die Senklote bestimmten Punkten halbiert, gibt die Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel an.

Der Vorteil der Methode besteht darin, dass nicht das Gleichgewicht vollkommen hergestellt zu werden braucht; es genügt nur den Moment, wo das Brett überschlägt, aufzupassen. Auf diese Weise fanden die Brüder Weber als Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel 721,5 mm, von der Ferse 947,7 mm, von der Drehungsachse des Hüftgelenkes 87,7 mm, bei einer Körperlänge von 1662,9 mm. Endlich wurde an dem Skelette eines gleichgrossen Mannes der Vertikalabstand des Promontoriums von der Drehungsachse des Hüftgelenkes

gemessen und zu 79,0 mm gefunden. Da nun diese Entfernung bei gleich grossen Menschen wenig verschieden sein kann, ergab sich daraus die Lage des Schwerpunktes 8,7 mm über dem Promontorium.

Nun bestimmten sie den Schwerpunkt des Rumpfes allein nach Amputation der Beine aus einer Leiche und lokalisierten ihn „in die durch beide Enden der Wirbelsäule gezogene gerade Linie, ungefähr in gleicher Höhe mit dem Schwertfortsatze des Brustbeins". Die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikale (die Schwerlinie), soll hinter das Hüftgelenk und vor das Kniegelenk gehen.

c) Die Methode von G. Hermann Meyer.

Während Botelli und die Brüder Weber nur die Entfernung des Schwerpunktes von der Ferse oder vom Scheitel bestimmten, unternimmt G. Meyer (die Statik des menschlichen Knochengerüstes, Leipzig 1873, S. 203) seine Lage auch in Bezug auf vorn und hinten festzustellen.

Seine Methode bestand darin, dass er bei aufrechter „militärischer" Stellung eine Vorwärtsbewegung im Fussgelenke ausführen liess, bis das Umkippen um die Metatarsusköpfchen der grossen Zehe drohte. Dann liess er eine Rückwärtsbewegung vornehmen (durch Bewegung im Fussgelenke oder Beugung im Kniegelenke), bis das Umkippen um den hinteren Rand der Ferse drohte. Dadurch wurde der Schwerpunkt über die ganze Länge des Fussgewölbes hindurchgeführt. „Da gleichzeitig Winkelmessungen darüber belehrt hatten, wieviel von der dazu nötigen Bewegung vor der Ausgangsstellung und wieviel davon hinter derselben lag, so war es möglich, die Lage zu bestimmen, welche der Schwerpunkt in der Ausgangsstellung hatte." (S. 204.) So bestimmt er die Lage des Schwerpunktes für die aufrechte militärische Stellung in dem zweiten Kreuzbeinwirbel oder unmittelbar über diesem

im Canalis sacralis. Die Schwerlinie liegt 5 cm hinter der Hüftachse und 3 cm vor der Knöchelachse. Dadurch sinkt der Rumpf durch Drehung um die Hüftachse soweit nach hinten, als das Lig. ileofemorale erlaubt, welches durch seine Anspannung das weitere Sinken hindert.

Später versuchte er, den Schwerpunkt in der Weise zu bestimmen, dass er Kopf, Rumpf und Beine in einfache mathematische Körper reduzierte und ihren Schwerpunkt berechnete; aus dem Schwerpunkt dieser Teile berechnete er den Schwerpunkt des Gesamtkörpers und zwar bei verschiedenen Körperhaltungen.

d) Die Methode von Harless.

Harless, Lehrer der Anatomie in der Kunstschule zu München, bestimmte den Schwerpunkt nach der Weberschen Methode. Bei seinen Berechnungen nimmt er als Körperlänge 1000 an und berechnet entsprechend die Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel und Fersen. Er bestimmt die Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel 413,898, von der Sohle 586,102. Bei der Weberschen Bestimmung bekommen wir, nach der Harlessschen Umrechnung, als Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel 432,24, von der Ferse 567,76; bei der Meyerschen Bestimmung 404,96 und 595,14.

Er machte vier Bestimmungen und so gibt er als Mittelzahl der Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel 420,07. (Bei Gesamtkörperlänge 1000.)

Diese Angabe hat insofern keinen Wert als keine Beziehung zu den anatomischen Verhältnissen genommen wird, denn es ist noch nicht gesagt, dass zwei gleich grosse Individuen auch gleich grosse einzelne Körperabschnitte haben. Wie irreführend diese Art der Angabe des Schwerpunktes ist, ersehen wir aus dem Vergleich der Weberschen und der

Meyerschen Bestimmung. Bei der Weberschen rechnet Harless die Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel auf 432,24 um, bei der Meyerschen auf 404,96 (bei Gesamtkörperlänge 1000). Diese Zahlen, die zweifellos richtig sind, besagen uns, dass die Brüder Weber den Schwerpunkt weiter distalwärts lokalisieren, als G. Meyer, weiter aber nichts. Während nun die Brüder Weber den Schwerpunkt 8,7 mm über dem Promontorium lokalisierten, liegt er nach Meyer in der Höhe des zweiten Kreuzbeinwirbels, also unter dem Promontorium. Der Fall von Meyer hatte einfach relativ kurzen Rumpf oder relativ lange Beine.

Er unternimmt es dann nach der Methode von Meyer den Schwerpunkt der einzelnen Körperabschnitte zu bestimmen und daraus die Lage des Gesamtschwerpunkts zu berechnen. Er gibt nach dieser Bestimmung die Lage des Schwerpunkts in 413,65 an. Nach der Weberschen Methode von ihm bestimmt (siehe weiter oben) lag er in 413,898 Entfernung vom Scheitel. Diese auffallende Übereinstimmung der zwei Angaben hat insofern keinen Wert, als es sich um zwei ganz verschiedene Individuen handelt.

Um die Lage der Schwerlinie zu bestimmen, verfährt er auf folgender Weise: Ein horizontales Brett wird auf einer Kante in Gleichgewicht gebracht. Auf der einen Seite des Brettes werden die Einzelschwerpunkte der Körperabschnitte durch Gewichte dargestellt, welche entsprechend der Lage und Grösse der Körperabschnitte angeordnet sind. Auf der anderen Seite des Brettes wird ein Gewicht gleich der Summe der Einzelgewichte aufgestellt, so dass das Brett in Gleichgewicht kommt. Der Punkt, wo dieses Gewicht liegt, in symmetrischer Lage auf die andere Seite des Brettes getragen, gibt die Projektion des Gesamtschwerpunktes (Schwerlinie) im Verhältnis zu der Projektion der einzelnen Schwerpunkte.

e) Die Methode von W. Braune und O. Fischer.

Braune und Fischer unternehmen als erste den Schwerpunkt zuerst zu berechnen, dann experimentell zu bestimmen und die Resultate zu vergleichen (Harless hat es auch getan, aber nicht am gleichen Individuum), ausserdem seine Lage in Bezug auf alle drei Richtungen festzustellen. Die Methode ist folgende:

Ein Kadaver wurde um die aus der Weichheit der Körperteile resultierenden Fehler zu vermeiden, durch Erfrieren in starre Masse umgewandelt. Es wurde nun der Kadaver in eine dünne aber feste Achse aus gut gehärtetem Eisen aufgehängt und zwar in drei verschiedenen Richtungen. Dadurch wurden drei Ebenen bestimmt, in deren jeder der Schwerpunkt liegen musste und der als Schnittpunkt dieser drei Ebenen sich auffinden liess. Aus den Enden der Achse wurden jedesmal Perpendickel gefallt, wodurch jedesmal die Ebene bestimmt wurde, an der der Schwerpunkt lag und die Linie, in der sich diese Ebene mit der Körperoberfläche schnitt auf der letzteren aufgetragen. Diese drei Ebenen waren die transversale, die sagittale und die frontale. Nun wurde der Körper in der transversalen Ebene durchgesägt und auf der glatten Schnittfläche die Krenzungspunkte der Transversal-Ebene mit der Sagittal- und Frontalebene durch zwei dünne ausgespannte Fäden verbunden. Der Kreuzungspunkt der zwei Fäden war der gesuchte Schwerpunkt des Körpers, denn dieser Punkt lag auf allen drei der genannten Ebenen, erstens auf der transversalen, worauf ja die Fäden ausgespannt waren, auf den zwei anderen ebenfalls, denn die Fäden verbanden Punkte der betreffenden Ebenen miteinander.

Auf gleiche Weise wurde der Schwerpunkt der einzelnen Körperglieder bestimmt, sowie des Kopfes, des Rumpfes, des ganzen Armes, des Oberarmes, des Unterarmes mit Hand, des

Unterarmes allein u. s. w. Sie untersuchten vier Leichen, brauchbare Resultate bekamen sie aber nur durch zwei Untersuchungen, denn die erste Leiche durfte nicht zersägt werden und die zweite fing während den Versuchen an aufzutauen.

Sie fanden den Schwerpunkt des gesamten Körpers bei der Leiche 3 in einer Transversalebene, die durch den unteren Rand des ersten Kreuzbeinwirbels ging, also nicht im Promotorium selbst, sondern nahe demselben etwas darunter. Er lag 0,2 cm nach rechts von der Medianebene und 4 cm vor der obersten Linea transversa des Kreuzbeines. Der Schwerpunkt des Rumpfes allein (ohne Kopf und Arme) lag in der Mitte des ersten Lendenwirbelkörpers, 2 cm von der vorderen Fläche, 1,4 cm von der hinteren Fläche des Wirbelkörpers entfernt und 0,3 cm von der Medianebene nach rechts. Ebenso wird genau der Schwerpunkt der übrigen Körperteile angegeben.

Bei der vierten Leiche wurde der Gesamtschwerpunkt etwas tiefer, 2,1 cm senkrecht unter dem Promotorium, in gleicher Höhe mit dem oberen Rand des dritten Kreuzbeinwirbels, 7 cm davor, gefunden. Der Schwerpunkt des Rumpfes allein lag am oberen Rand des ersten Lendenwirbels an seiner vorderen Fläche, in der Ebene, welche durch die Mitte des Atlantooccipitalgelenkes und die Mittelpunkte der beiden Hüftgelenke bestimmt wird. Bei den Extremitäten wurde festgestellt, dass der Schwerpunkt auf den Geraden liegt, welche die Mitten der die betreffenden Abschnitte begrenzenden Gelenke miteinander verbindet, für die einzelnen Abschnitte der Extremitäten ca. in vier Neuntel der Gesamtlänge Entfernung vom proximalen Ende. Ähnliches ergaben die Untersuchungen von Harless.

Um nun zu prüfen, ob es am Lebenden eine aufrechte normale Lage gibt, bei der alle Schwerpunkte und Mittelpunkte der Gelenke auf einer Frontalebene liegen, wurde an einem gutgebauten Soldaten der Schwerpunkt des Kopfes und

die Mittelpunkte der Gelenke (auf deren Verbindungslinie ja die Schwerpunkte der Extremitätenglieder liegen) an der Seite auf die Haut projiziert und markiert. Die Frontalebene wurde durch zwei Senklote bestimmt, die entlang seinen Seiten hingen. Der Soldat musste so lange seine Haltung ändern, bis eine etwas entfernt stehende Person in der Profilansicht beobachten konnte, dass alle die erwähnten Punkte in der Tat auf dem Lote lagen. Diese Stellung bezeichneten sie als Normalstellung.

Es wurden dann aus den Schwerpunkten der einzelnen Gliederabschnitte, die Schwerpunkte der Gliedersysteme und des ganzen Körpers für die Normalstellung durch Rechnung bestimmt und die Zahlen stimmten mit dem Resultat der direkten Bestimmung überein. Nun versuchten die Autoren den Schwerpunkt am Lebenden zu bestimmen mit Hilfe der Resultate, die sie aus den Untersuchungen an der Leiche gewonnen hatten und zwar in verschiedenen Stellungen. Zuerst unbelastet und dann mit militärischer Ausrüstung belastet, ferner beim Stillstehen mit Gewehr über, beim Feuern u. s. w. Sie geben auch den Schnittpunkt der Schwerlinie mit der Unterstützungsfläche an. Den Gesamtschwerpunkt finden sie bei dieser Bestimmung 4,7 cm über der Verbindungslinie der Hüftgelenksmittelpunkte, während er bei der direkten Messung 4,5 cm über dieser Linie gefunden war. Die Schwerlinie trifft die Unterstützungsfläche näher dem hinteren Rande der Füsse als dem vorderen, was eine Unsicherheit der Haltung gegenüber Stoss von vorne bedeutet. Bei der bequemen Stellung finden sie den Schnittpunkt der Schwerlinie mit der Unterstützungsfläche um 4 cm weiter nach vorn, wodurch eine grössere Sicherheit der Haltung bedingt ist. Bei der militärischen Haltung liegt dieser Punkt weiter nach vorn, dem Fussballen näher als den Fersen, wodurch Unsicherheit gegen Stoss von hinten entsteht. Daraus folgern sie, dass

diese Haltung unpraktisch ist, wenn es gilt, den Mann längere Zeit in dieser Stellung stehen zu lassen. Ebenso liegt der Schnittpunkt der Schwerlinie mit der Standfläche weit vorn beim Präsentieren des Gewehres. Ähnlich bestimmen sie noch die Schwerlinie bei der Belastung mit den verschiedenen Ausrüstungegenständen.

f) Die Methode von Robert L. Lowett und Edward Reynolds.

Die Methode von Braune und Fischer hat, gegenüber den Methoden der früheren Untersucher, Fortschritte und Vorteile aufzuweisen. Sie hat nur den Nachteil, dass sie ziemlich kompliziert ist und dass die Untersuchungen an einer Leiche vorgenommen werden und die daraus gewonnenen Resultate zur Bestimmung des Schwerpunktes beim Lebenden benutzt werden. So war es denn ein grosser Fortschritt, dass den zwei amerikanischen Forschern R. L. Lowett und E. Reynolds (der erste Orthopäde, der zweite Gynäkologe) nach $2^1/_2$jähriger mühevoller Arbeit gelungen ist, eine ebenso einfache wie geniale Methode aufzufinden, die mit Leichtigkeit gestattet, die Schwerlinie des menschlichen Körpers zu bestimmen. Anlass dazu gaben den Autoren Fälle von chronischem Rückenschmerz (diesen Schmerz nennen die Autoren aus weiter unten ersichtlichen Gründen statischen Rückenschmerz), der speziell bei Frauen vorkommt. Sowohl der Gynäkologe wie der Orthopäde hat reichlich Gelegenheit, solche Fälle zu sehen. Sie kannten die Erfahrungstatsache, dass solche Rückenschmerzen durch Korsetts oder Schuhe mit hohen Absätzen gebessert oder gar beseitigt werden. Sie vermuteten nun, dieser Schmerz sei bedingt durch übermässige Anspannung der Rückenmuskulatur infolge Verlagerung des Schwerpunktes. Um diese ihre Vermutung zu bestätigen, mussten sie den Schwerpunkt des menschlichen Körpers in

aufrechter Stellung bestimmen, wozu sie ihre Methode ersonnen haben.

Der Apparat, den sie zu ihren Bestimmungen benutzten, besteht aus einer Wage (siehe Fig. 1), auf deren Wägefläche eine scharfkantige Leiste steht. Auf diese Leiste einerseits und auf eine andere, die einem der Wägefläche gleich hohen Holzstücke C aufsitzt, stützt sich ein horizontales Brett, welches eine der Quere des Brettes nach gestellte verschiebbare Leiste F trägt. Steht nun eine Person auf dem horizontalen Brette, so dass die Fersen gegen die Querleiste angestemmt sind, mit dem Gesicht nach der Wage zu, so ist es klar, dass jetzt der Zeiger der Wage nur einen Teil des Gewichts dieser Person zeigen wird, denn das Brett wirkt jetzt als ein Hebel, und zwar als ein einarmiger Hebel mit Hypomochion die Berührungslinie der Leiste C mit dem Brette. Die beiden Kräfte, die für unseren Hebel in Betracht kommen, sind das Gewicht der Untersuchungsperson und das durch die Anspannung der Feder der Wage angezeigte Gewicht. Angriffspunkt der ersten, der Punkt, wo die Schwerlinie des Körpers das horizontale Brett trifft, der zweiten, die Leiste, die auf der Wägefläche ruht, B. Hebelarm der ersten unbekannt x, der zweiten CB. Nach den Gesetzen über die Hebel verhalten sich die Kräfte umgekehrt proportional den

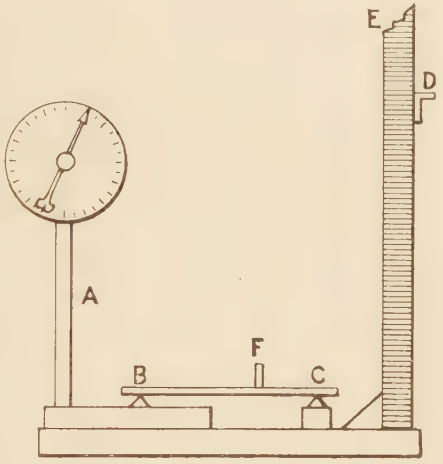

Fig. 1.

Hebelarmen, das ganze System wird also in Ruhe kommen, wenn CB : x = Ganzgewicht der untersuchten Person : abgelesenem Gewicht, oder $x = \frac{CB \cdot \text{abgelesenes Gewicht}}{\text{Ganzgewicht}}$. Um den Punkt also zu bestimmen, wo die Schwerlinie das Brett trifft, genügt es, die Länge des Brettes zwischen den zwei Leisten (CB) mit dem bei der Stellung des Menschen auf eine bestimmte Stelle des Brettes abgelesenen Gewichte zu multiplizieren und das Produkt durch das Ganzgewicht der betreffenden Person zu dividieren. Ein Beispiel:

CB = 50 cm

Ganzgewicht = 140 Pfd.

Teilgewicht (abgelesenes Gewicht) = 50 Pfd.

$x = \frac{50 \cdot 50}{140} = 17{,}8$, d. h. die Schwerlinie des Körpers dieser Person trifft das Brett 17,8 cm von der hinteren Leiste entfernt (oder sein Schwerpunkt liegt in 17,8 cm Entfernung von der hinteren Leiste. Stehen die Fersen z. B. 8 cm von der hinteren Leiste entfernt, so liegt der Schwerpunkt 9,7 cm vor den Fersen). Eine aus dem auf diese Weise festgestellten Punkte in die Höhe gezogene Senkrechte (die Schwerlinie), wird auch durch den Schwerpunkt durchgehen und man kann ihre Beziehung zu verschiedenen Körperstellen bestimmen und graphisch darstellen.

Zu diesem Behuf muss die Lage verschiedener Körperpunkte bestimmt werden. Als solche wählten die Autoren:

1. den hinteren Rand des Malleolus,
2. den hinteren Rand des Fibulaköpfchens,
3. die Mitte des Trochanters,
4. die Dornfortsatzspitze des fünften Lendenwirbels,
5. Die Dornfortsatzspitze des siebenten Halswirbels.

Ihre Lage wurde bestimmt durch die Messung des horizontalen Abstandes dieser Punkte von der Stange E (siehe Abbildung). Da die Stange graduiert ist, so kann auf diese Weise auch ihre Höhenlage bestimmt werden. Die graphische Darstellung dieser Punkte ist leicht auf einem Bogen Papier, „dessen Fläche der beweglichen Ebene und dessen Rand der hinteren vertikalen Richtungsebene entspricht". Um auch das Körperprofil graphisch darstellen zu können, haben sie eine Methode ersonnen, die man als vollkommen exakt bezeichnen kann. „Eine Reihe von horizontalen Stäben, die mit Celluloid bestrichen sind, ist in den Löchern eines vertikalen Holzstabes leicht verschieblich angebracht. Sie werden durch Schütteln zu ihrer vollen Länge ausgezogen und ihre Enden leicht und schnell gegen die Mittellinie des Körpers in der Weise angedrückt, dass das Ende des obersten Stabes den siebenten Dornfortsatz berührt. Bei der graphischen Darstellung wird die Lage des so gewonnenen Profils durch seine Beziehung zum siebenten Hals- und fünften Lendenwirbel gegeben. Diese Punkte sind ja mittels der gewonnenen Masse auf den Papier verzeichnet, und nun wird das Ende des obersten Stabes gegen das dem siebenten Halswirbel entsprechende Zeichen gelegt, während eine tiefere Stellung das den fünften Lendenwirbel darstellende berührt. Dann wird auf dem Papier, welches auch die anderen Masse aufweist, eine bogenförmige Linie, entsprechend den Enden der Metallstäbe, gezogen. Die Kurve der ventralen Körperhälfte wird ebenso erhalten. Der oberste Stab wird in Höhe des siebenten Halswirbels an die vordere Halsfläche angelegt. Die Lage dieser Linie auf dem Papier wird bestimmt, indem man die mittels Pelvimeter oder anderer Bogenzirkel gemessenen horizontalen Abstände zwischen siebenten Hals- und fünften Lendenwirbelfortsatz einerseits und den in gleicher Höhe befindlichen ventralen Punkten andererseits benutzt."

Eine auf diese Weise gewonnene graphische Darstellung sieht wie beistehende Zeichnung (Fig. 2) aus.

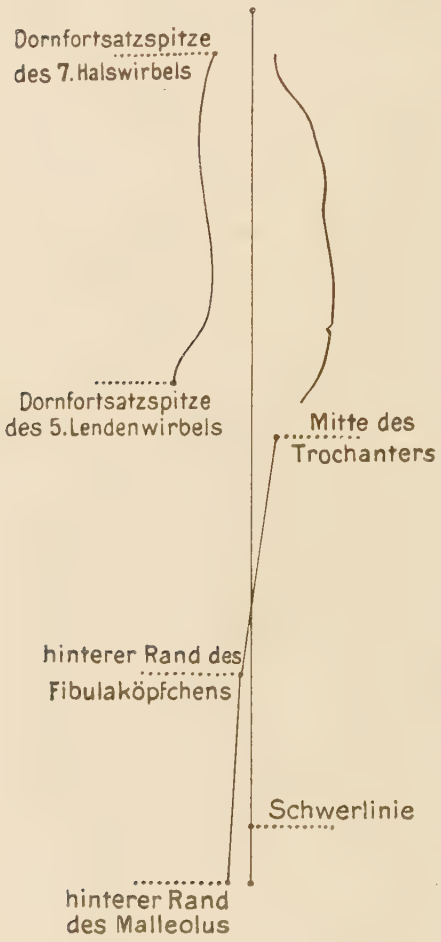

Fig. 2.

Die Fehlerquellen, die die Autoren angeben und ich auch bestätigen konnte, werden weiter unten angeführt.

Durch ihre Untersuchungen kommen die Autoren zu folgenden Schlüssen:

Die Schwerlinie liegt vor dem Fussgelenke, an dem die Dorsalflexion durch die Gastromnemii verhindert wird, ebenfalls vor den Kniegelenken, vor den Sacroiliacal- und den meisten Wirbelgelenken. Aus Versuchen an der Leiche kommen sie zu dem Schlusse, dass der Rumpf bei aufrechter Körperstellung die Neigung habe, nach vorn zu fallen. Um den Rumpf nun im Gleichgewicht zu halten, muss die Rückenmuskulatur durch eine tonische Kontraktion die Wirkung des Schwerpunktes ausgleichen. Je weiter nach vorn der Schwerpunkt liegt, desto stärker muss die Kontraktion der Rückenmuskulatur sein.

Jede Ursache, die den Schwerpunkt nach vorn verlagert, stellt an die Rückenmuskulatur grössere Anforderungen.

Bei ihren Untersuchungen über die Wirkungen des Korsetts auf die Rückenschmerzen teilen sie dieselben ein in indifferente, schlechte und gute. Die ersteren haben keinen Einfluss auf die Rückenschmerzen, die schlechten verschlimmern oder verursachen dieselben, während die guten einen guten Einfluss auf die Rückenschmerzen aufweisen. Sowohl die guten wie die schlechten verlagern die Schwerlinie nach hinten, während aber die guten Schultern und Hüften gleichmässig nach hinten drängen, ist es bei den schlechten nicht der Fall, sondern entweder drängen sie die Schultern weniger nach hinten als die Hüften oder gar drängen sie die Schultern nach vorn. Bei den guten wird durch die Verlagerung der Schwerlinie nach hinten die Rückenmuskulatur entspannt, bei den schlechten dagegen wird durch die stärkere Verlagerung der Hüften als der Schultern nach hinten die Kontraktion der Lenden- und Beckenmuskulatur erhöht.

Die Wirkung von Schuhen mit hohen Absätzen beruht auf Verlagerung des Schwerpunktes nach hinten.

Die klinischen Erfahrungen, die sie auf Grund der Untersuchungen gewonnen haben, haben die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigt. Der „statische Rückenschmerz“ beruht, wie gesagt, auf den Umstand, dass der Schwerpunkt zu weit nach vorn verlagert ist, wodurch die Rückenmuskulatur zu starker schmerzhafter Anspannung gezwungen wird. Ursachen dieser abnormen Lage des Schwerpunkts sind

1. Eigentümlichkeiten des Körperbaues, wodurch eben der Schwerpunkt zu weit nach vorn liegt.

2. Allgemeine Erschlaffung der Muskulatur, die eine nachlässige müde Haltung bedingt.

3. Schmerzhaftigkeit von Bauch- oder Beckenorganen, die den Patienten veranlassen, eine gebeugte Haltung einzunehmen, um die Spannung dieser Organe zu vermindern.

Zum Schluss besprechen die Autoren die therapeutischen

Massnahmen zur Beseitigung des statischen Rückenschmerzes, die je nach der Ursache, welche sie bedingt, auch verschieden sind.

III. Herr Professor Lange hat mir die Aufgabe übertragen, an einem nach den Angaben der zwei Autoren hergestellten Apparat erstens nachzuprüfen, ob die Formel, die sie aufstellen, $x = \frac{\text{Teilgewicht} \cdot CB}{\text{Ganzgewicht}}$ auch stimmt und nachdem das und die Brauchbarkeit des Apparates erwiesen ist, die Beziehung der Schwerlinie zu den Füssen durch eine grössere Anzahl von Untersuchungen festzustellen. Als Punkt des Fusses, zu dem die Schwerlinie bezogen werden sollte, wurde die Tuberositas ossis metatarsalis V gewählt, die am Lebenden leicht durchzutasten ist und leicht bestimmt werden kann.

Unser Apparat besteht, wie der der Autoren, aus einer Federwage, auf deren Wägefläche einerseits und auf einem der Wägefläche der Wage gleich hoch stehenden Schemmel andererseits ein Brett aufruht, mit Hilfe der Kante von zwei Leisten, die der Quere des Brettes nach an seine untere Fläche angebracht sind. Die an den hinteren Teil des Apparates in die Höhe gehende vertikale Stange haben wir fortgelassen, da wir sie für unsere Untersuchungen nicht benötigten. Eine an der oberen Seite des Brettes der Quere nach gestellte verlegbare Leiste (die Leiste trägt an ihrer unteren Seite drei Eisenstifte, zwei an ihren Enden und einen in der Mitte, die an entsprechend an dem Brette angebrachte Löcher in verschiedenen Stellen hineinpassen) dient dazu, um die Untersuchungsperson, wie weiter unten ausgeführt werden soll, auf verschiedene Stellen des Brettes stellen zu können. Die Länge CB nahmen wir in genauer Nachahmung des Apparates der Autoren gleich 508 mm, was aber insofern unpraktisch ist, als es die Berechnungen un-

nötig erschwert, da ja der Wert von CB beliebig gross genommen werden kann.

Wie aus der Beschreibung ersichtlich, ist der Apparat der denkbar einfachste, wie er auf ganz einfache Weise konstruiert werden kann.

Um nun nachzuprüfen, ob die Formel auch stimmt, mussten wir ein bekanntes Gewicht nehmen, dasselbe auf verschiedene Stellen des Brettes stellen und aus der Formel die Entfernung dieser Stelle von der hinteren Leiste, d. h. das x berechnen $x = \frac{\text{Teilgewicht} \cdot \text{CB}}{\text{Ganzgewicht}}$. Das Teilgewicht wurde an der Wage abgelesen, CB ist gleich 508 mm und das Ganzgewicht wird auf der Wage bestimmt. Der Wert von x musste mit der Entfernung, die wir auch direkt messen konnten, übereinstimmen. Die Schwierigkeit dieses Verfahrens liegt darin, dass wir ein Gewicht gebrauchen müssen, welches auf dem Brette so gestellt werden kann, dass die Projektion seines Schwerpunktes auf dasselbe leicht bestimmbar ist, denn wir mussten die Entfernung dieses Punktes von der hinteren Leiste direkt messen können, um diese Entfernung mit dem aus der Formel berechneten Werte von x zu vergleichen (x ist ja die Entfernung des Punktes, wo die Schwerlinie das Brett trifft, von der hinteren Leiste). Das ist uns auch bald geglückt und zwar auf ziemlich exakte Weise. (Herrn Dr. Engelhardt, Oberarzt der orthopädischen Poliklinik, der mich dabei mit Rat und Tat unterstützt hat, will ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.) Eine aus gehärtetem Eisen bestehende horizontale Stange wird auf zwei aus gleichem Material bestehenden Dreiecken gestützt. An der Stange werden verschiedene Gewichte aufgehängt. Der Schwerpunkt dieser Gewichte liegt natürlich unter ihrem Aufhängepunkt. Ein aus der Stange gefälltes Senklot wird in gleicher Entfernung von der

hinteren Leiste wie die Schwerlinie der angehängten Gewichte das Brett treffen. Da ich in der Regel mehrere, gewöhnlich drei, Gewichte aufhängte, so gebrauchte ich zwei Senklote, die ich an den zwei Enden der Stange anbrachte. Auf der geraden Linie, welche die Punkte miteinander verbindet, wo die Senklote das Brett trafen, mussten auch die Schwerlinien der Gewichte das Brett treffen. Es wurde nun folgenderweise verfahren:

Das Brett wurde in der Strecke CB, durch der hinteren Leiste paralell gezogene Geraden in mehrere Teile geteilt, von denen jede von der anderen 5 cm entfernt war. Es wurde nun auf jeder dieser Linien das Gestell mit den Gewichten so aufgestellt, dass die zwei Senklote auf diese Linie fielen, d. h. so, dass die Schwerlinie der Gewichte jedesmal in bekannter Entfernung von der hinteren Leiste lag.

Von dem abgelesenen Gewichte musste das Gewicht des Brettes abgezogen werden, ebenso wurde das Gewicht der benützten Gewichtsmasse auf der leeren Wage bestimmt. Das muss geschehen, denn obwohl es richtig ist, dass andernfalls sowohl dem Ganzgewicht, wie den einzelnen Teilgewichten die gleiche Zahl hinzuaddiert wird, so wird doch das Resultat beeinflusst, wie aus folgendem ersichtlich ist.

$$10 : 2 = \mathbf{5} \quad 20 : 2 = \mathbf{10}$$

Es sei allen drei Grössen 10 hinzuaddiert, so bekommen wir $20 : 12 = \mathbf{1{,}66}$ $30 : 12 = \mathbf{2{,}5}$. Also die Resultate im ersten Falle 5 : 10, im zweiten Falle 1,66 : 2,5.

Das Gestell + den angehängten Gewichten wog 14000 gr, die Entfernung CB ist gleich 50,8 cm.

Die Resultate dieser Untersuchungen sind folgende:

Abgelesene Teilgew. in gr	Berechn. Entfern. in cm	Tatsächl. Entfern. in cm
1400	$x = \frac{50{,}8 \cdot 1400}{14000} = 5{,}08$	5,0

2450	$x = \frac{50{,}8 \cdot 2450}{14000} = 8{,}89$	10,0
4000	$x = \frac{50{,}8 \cdot 4000}{14000} = 14{,}51$	15,0
5500	$x = \frac{50{,}8 \cdot 5500}{14000} = 19{,}95$	20,0
6950	$x = \frac{50{,}8 \cdot 6950}{14000} = 25{,}21$	25,0
8300	$x = \frac{50{,}8 \cdot 8300}{14000} = 30{,}11$	30,0
9750	$x = \frac{50{,}8 \cdot 9750}{14000} = 35{,}39$	35,0
10850	$x = \frac{50{,}8 \cdot 10850}{14000} = 39{,}36$	40,0
12300	$x = \frac{50{,}8 \cdot 12300}{14000} = 44{,}63$	45,0

Abgesehen von Fall 2 beträgt die Differenz 3—4 mm. Bei den Untersuchungen an Menschen wurde die Stelle 10,0 cm, die weiter auseinander gesetzt werden soll, vermieden.

Nachdem auf diese Weise die Brauchbarkeit des Apparates erwiesen wurde, ging ich mit Hilfe desselben heran, die Lage des Schwerpunktes in Bezug auf die Füsse, bei aufrechter Haltung, festzustellen.

Bekanntlich dienen die Füsse und der zwischen ihnen liegende Raum, welcher begrenzt wird durch die Linien, die die hinteren Ränder der Fersen und die Fusspitzen miteinander verbinden, als Standfläche des Körpers. Damit der Körper aufrecht steht, muss die Schwerlinie innerhalb dieser Standfläche fallen, sobald sie ausserhalb dieser Fläche nach vorn oder seitlich oder nach hinten fällt, wird auch der Körper nach dieser Richtung hinfallen. Andererseits ist auch evident, dass der Körper die Neigung haben wird, nach vorn zu fallen, wenn die Schwerlinie die Füsse nahe den Zehen trifft. Nach

hinten dagegen, wenn die Schwerlinie nahe dem hinteren Rande der Ferse liegt. Am sichersten wird man stehen, wenn die Schwerlinie an einer mittleren Stelle die Standfläche trifft. Je nach dem Punkte, also wo die Schwerlinie die Füsse trifft, wird die Spannung der Muskulatur, durch die das Aufrechtstehen bedingt wird, eine verschiedene sein. Ebenfalls wird die Spannung des Fussgewölbes, die Zerrung der Bänder und schliesslich auch ein gewisser Einfluss auf die Form der Fussknochen davon abhängig sein. Die verschiedenen pathologischen Fussformen, die auf Veränderung des Fussgewölbes beruhen, werden in enger Beziehung mit der Lage dieses Punktes zusammenhängen, oder werden wenigstens in bestimmter Weise diesen Punkt verlagern. Ist das festgestellt, so wird man durch Konstruktion bestimmter Schuhe oder Einlagen, deren Wirkung man auf den besprochenen Apparat kontrollieren wird, in der Lage sein, therapeutisch einzugreifen. Voraussetzung für alle diese Sachen ist die Bestimmung des Punktes, wo die Schwerlinie normalerweise die Füsse trifft, und meine Aufgabe war, diesen Punkt zu bestimmen.

Es wurden im ganzen ca. 200 Personen untersucht. Von diesen Untersuchungen sind 150 als brauchbar zu bezeichnen und diese wurden auch allein berücksichtigt. Es sind Individuen zwischem dem 8. bis 60. Lebensjahr männlichen und weiblichen Geschlechts. Ein Teil der Fälle betrifft Kinder, die die Turnstunde der orthopädischen Poliklinik zur Skoliosenbehandlung besuchten. Die Skoliose war meist geringgradig und es konnte kein Einfluss dieser geringgradigen Skoliose auf die Lage der Schwerlinie in Bezug auf die Füsse, wenigstens was vorn und hinten anbetrifft, konstatiert werden. Das waren in der Regel Kinder zwischen dem 8. und 15. Lebensjahr, meist Mädchen, selten ältere. Ein anderer Teil der Fälle betrifft Kinder einer hiesigen Volksschule von gleichen Altersgrenzen wie die Kinder der Turnstunde. Andere Fälle

bezog ich aus den Patienten der hiesigen medizinischen Poliklinik, schliesslich untersuchte ich eigene Bekannte, meist Mediziner und andere verschiedene Personen, die ich zu diesem Zwecke heranziehen konnte.

Die Untersuchung wurde auf folgende Weise vorgenommen: Die betreffende Person musste sich ganz ausziehen oder wenigstens beengende Kleidungsstücke, die die Körperhaltung beinflussen konnten (Korsett, Gürtel u. s. w.) ablegen. Schuhe und Strümpfe wurden selbstverständlich in jedem Falle abgelegt. Es wurde nun zuerst das Gewicht der betreffenden Person auf der leeren Wage bestimmt (Ganzgewicht). Jetzt musste das sogen. Teilgewicht (siehe Formel) bestimmt werden und das wurde auf folgende Weise gemacht: Die verlegbare Querleiste stand 10 cm von der hinteren Leiste entfernt und die Person stand so auf dem Brette mit dem Gesicht gegen die Wage, dass die hinteren Ränder der Fersen gegen die verlegbare Leiste angestemmt wurden. Die Person wurde jetzt aufgefordert, eine natürliche legere Haltung einzunehmen. Nach Verlauf von ca. einer Minute stand der Zeiger der Wage, der anfangs ziemlich grosse Oscillationen zeigte, ziemlich still oder bewegte sich wenigstens ganz wenig um einen bestimmten Strich. Das angezeigte Gewicht wurde nach Abzug von 1300 (das Gewicht des Brettes, siehe weiter oben) in Gramm notiert. Auf gleiche Weise wurde das Teilgewicht bei der Stellung der verlegbaren Leiste in 20 cm Entfernung von der hinteren Leiste und schliesslich 30 cm davon Entfernung bestimmt. Auf diese Weise konnte der Punkt, wo die Schwerlinie die Standfläche trifft, dreimal bestimmt werden und die Resultate der drei Berechnungen miteinander verglichen werden. Nach diesen Bestimmungen wurde die Körperlänge der betreffenden Person gemessen und schliesslich die Länge der Füsse und die Entfernung der Tuberositas oss. metatarsal. V von dem hinteren Rand der Ferse bestimmt. Zu diesem Zweck

benutzte ich weisses Papier, auf welchem ein Quadrat von 30 cm Seitenlänge, in 36 Quadrate von 5 cm Seitenlänge eingeteilt gezeichnet war. Die Person stellte sich nun auf dem Papier so, dass der hintere Rand der Ferse hart an der Quadratseite lag. Zuerst wurden die Ränder jedes Fusses für sich in zwei Stellungen mit einem scharf gespitzten Bleistift gezeichnet, einmal so, dass der innere Fussrand auf der Quadratseite, wo der Fersenrand lag, senkrecht stand, das andere Mal der Aussenrand. Bei jeder Stellung wurde an dem Aussenrand des Fusses die Lage der Tuberositas durch einen Punkt markiert. Schliesslich wurden beide Füsse mit zusammenstehenden Fersen und mässig abduzierten Fusspitzen (Abduktion von ca. 35 °) auf dem gleichen Papier gezeichnet. Nach erfolgter Berechnung des Punktes, wo die Schwerlinie die Standfläche trifft, wurde derselbe als ein Punkt zwischen den zwei Füssen an der entsprechenden Stelle markiert. Auf diese Weise konnte die Fusslänge (Entfernung zwischen hinterm Rand der Ferse und Spitze der grossen Zehe), die Entfernung der Tuberositas von dem hinteren Rand der Ferse und ihre Beziehung zu dem Punkte x leicht und ziemlich exakt bestimmt werden. Die Person wurde nun entlassen und für einen anderen Tag bestellt zur nochmaligen Bestimmung des Punktes x und zu weiteren Untersuchungen, von denen weiter unten die Rede sein wird. Dauer der ganzen Untersuchung 5 bis 10 Minuten.

Die Fehlerquellen der Untersuchungsmethode:

1. Wie gesagt wurde der Wert von x dreimal bestimmt und aus den drei Zahlen der Mittelwert genommen. Da die drei Werte in der Regel um 1,0 differierten, selten mehr oder weniger, so ergibt sich daraus ein Fehler von 0,5 cm.

2. Den Fehler von einigen Millimetern, den der Apparat bei seiner Nachprüfung ergab, suchte ich dadurch möglichst gering zu machen, dass ich durch entsprechende Stellung der

verlegbaren Leiste die Schwerlinie an solchen Stellen das Brett treffen liess, die möglichst geringe Fehler ergaben. Da die Schwerlinie, grob gesagt, in einer Entfernung von 5 bis 10 cm vor der Ferse liegt, so folgt daraus, dass die Schwerlinie das Brett in den drei Fällen treffen wird; das erste Mal (verlegbare Leiste 10 mm von der hinteren Leiste entfernt) zwischen 15 und 20 cm Entfernung von der hinteren Leiste, das zweite Mal (verlegbare Leiste in 20 cm Entfernung von der hinteren Leiste) zwischen 25 und 30 cm, das dritte Mal (verlegbare Leiste in 30 cm Entfernung von der hinteren Leiste) zwischen 35 und 40 cm. Wie aus den im vorhergehenden über die Nachprüfung des Apparates angegebenen Zahlen hervorgeht, sind an diesen Stellen die Fehler kaum grösser wie 1 bis 2 mm.

3. Das Hin- und Herschwanken der Untersuchungsperson. Am Anfang der Untersuchung stellt sich ziemlich starkes Hin- und Herschwanken ein, welches allmählich immer weniger wird, bis eine legere bequeme Haltung eingenommen wird, wo sich dann der Zeiger nur um ein Geringes bewegt. Ob und wann das eintritt, ist individuell sehr verschieden. Bei manchen Personen hört es überhaupt nicht auf, sondern es wird immer stärker, je mehr man ihnen zuredet möglichst ruhig zu stehen. Bei diesen Personen ist die Untersuchung sehr schwer oder unmöglich. Bei anderen wieder sind die Schwankungen sehr geringgradig und hören bald auf, so dass der Zeiger eine bestimmte Stellung einnimmt, die auch bei Untersuchungen an anderen Tagen die gleiche bleibt. Es sind durchaus nicht immer kräftige muskulöse Individuen, die eine ruhige Haltung einnehmen und dieselbe beibehalten können, oder etwa schwächliche, verkrüppelte, die starke Schwankungen aufweisen. So konnten ein 10jähriger Knabe mit hochgradiger Kyphoskoliose und rachitischer Verkrümmung der Beine und eine hochgradig neurasthenische 43jährige Frau mit feinschlägigem

Tremor des ganzen Körpers bald eine ruhige Haltung einnehmen und in derselben längere Zeit verharren.

4. Psychische Einflüsse. Personen, welche wissen, worauf es ankommt, sind, wohl unbewusst, bestrebt, durch Änderung der Haltung nach einer bestimmten Richtung hin das Resultat zu beeinflussen. Das zeigte sich insbesondere bei der Untersuchung von Kollegen, denen die Sache vorher auseinandergesetzt wurde. Die Kinder sind bestrebt möglichst schwer zu erscheinen und ändern entsprechend ihre Haltungen. Um diese physischen Einflüsse auszuschalten, wurde möglichst versucht, den Zweck der Untersuchung zu verheimlichen.

5. Die Ermüdung. Die Untersuchung soll nicht länger wie 5—10 Minuten dauern, denn es tritt bald Ermüdung ein und dann ist es unmöglich, die Untersuchung weiter fortzusetzen; die Schwankungen des Zeigers werden sehr gross oder seine Angaben differieren ziemlich bedeutend von denen bei ruhiger Haltung, in der Regel sind sie höher. Die Person soll auch vor der Untersuchung eine Zeit lang ausruhen. Bei meinen ersten Untersuchungen untersuchte ich die Kinder während der Turnstunde, was ich wegen der Unmöglichkeit, zu einem Resultat zu gelangen, bald aufgab. Dass die Ermüdung bei den verschiedenen Personen nach verschieden langer Zeit eintritt, ist selbstverständlich.

6. Die Auffindung der Tuberositas macht anfangs einige Schwierigkeiten, man erlangt aber bald die nötige Übung dazu.

Um darzulegen, in welcher Weise die Berechnung des Punktes x geschah, wollen wir es am besten an einem Beispiel erläutern.

Meyer Emma, acht Jahre alt, 123 cm gross, Fusslänge 18,0 cm, Tuberositas oss. metatarsal. V in 7,0 cm Entfernung von der Ferse, Ganzgewicht 26500 g.

Teilgewicht im ersten Fall (siehe weiter oben) 8000 g.
„ „ zweiten „ „ „ „ 13800 „
„ „ dritten „ „ „ „ 18800 „

$$x = \frac{50{,}8 \cdot 8800}{26500} = 16{,}8$$

$$x = \frac{50{,}8 \cdot 13800}{26500} = 26{,}4$$

$$x = \frac{50{,}8 \cdot 18800}{26500} = 36{,}0$$

Nach Abzug der entsprechenden Zahlen 10, 20 und 30 (die gefundenen Zahlen geben die Entfernung der Schwerlinie von der hinteren Leiste an. Um die Entfernung derselben von dem hinteren Fussrande zu bekommen, müssen wir die Entfernung des hinteren Fussrandes von der hinteren Leiste, d. i. die Entfernung zwischen verlegbarer und hinterer Leiste abziehen) bekommen wir den Punkt, wo die Schwerlinie die Füsse trifft, in 6,8 bezw. 6,4 und 6,0 cm Entfernung vom hinteren Fussrande, im Mittel 6,4 cm (Fehler von 4 mm), also etwas hinter der Tuberositas (7 cm), wohlgemerkt, bei einer Fusstellung, bei der der äussere Fussrand senkrecht auf die die hinteren Fersenränder der zwei Füsse verbindenden Geraden bezw. die verlegbare Leiste steht, denn nur bei dieser Fusstellung liegt die Tuberositas in 7 cm Entfernung von dieser Geraden.

Was die Lage der Tuberositas oss. metatarsalis V im Vergleich zur Fusslänge anbetrifft, konnte folgendes festgestellt werden:

Die Tuberositas liegt in Entfernung von 7—8 cm vom hinteren Fussrand bei Fusslänge von 17,5—21 cm. Sie liegt in 8—9 cm Entfernung bei Fusslänge von 21—23,5 cm.

In 9—10 cm Entfernung bei Fusslänge von 23—26 cm. Ausnahmen waren selten, ebenso selten eine verschiedene Lage der Tuberositas an den zwei Füssen.

Was nun die Lage der Schwerlinie im Vergleich zu der Lage der Tuberositas anbetrifft, wurde folgendes konstatiert: In ca. 85 % aller Fälle lag die Schwerlinie hinter der

Tuberositas und zwar um 0,5—1,5 cm, je nach der Fusslänge, selten mehr. In den übrigen Fällen lag sie entweder in gleicher Entfernung wie die Tuberositas oder gar davor, um 0,5—1,0 cm. In einem Teil der letzteren Fälle konnte eine relativ weit hinten liegende Tuberositas oder relativ zur Körperlänge kleine Fusslänge festgestellt werden. Reine Fälle von weiter vorn liegender Schwerlinie als die Tuberositas, wobei solche Gründe nicht vorlagen, waren sehr wenig (ca. 5%); als Beispiel diene die Veil Anna, zehn Jahre alt, Körperlänge 128 cm, Fusslänge 20,5 cm, Tuberositas bei 7,5 cm, Schwerlinie bei 8,5 cm. Ursache dieses Verhaltens konnte nicht ermittelt werden. Interessant war der Fall von einem zehnjährigen Mädchen von 125 cm Körperlänge, 19,5 cm Fusslänge und bei 7,5 cm liegender Tuberositas. Die Schwerlinie lag in einer Entfernung von 2,5 cm, also weit hinter der Tuberositas nahe dem hinteren Fussrand. Leider kam das Mädchen zur zweiten Untersuchung nicht wieder, so dass ich über diesen Fall nichts weiter aussagen kann. Über einen ähnlichen Fall berichten auch Lowett und Reynolds. „Es handelte sich um ein recht degeneriertes Mädchen, dessen Schwerpunkt von Natur abnorm weit rückwärts lag“, wobei allerdings noch nicht gesagt ist, dass auch die Schwerlinie die Füsse abnorm weit zurücktreffen muss.

Es zeigte sich nun weiter, dass die Lage der Schwerlinie oder vielmehr ihre Entfernung vom hinteren Fussrand in einiger Beziehung von der Fusstellung unabhängig ist. Durch eine längere Versuchsreihe konnte konstatiert werden, dass diese Entfernung unverändert bleibt, ob die Fusspitzen bei zusammenstehenden Fersen weit abduziert oder eng beieinander liegen (zu solchen Untersuchungen eignen sich nur Personen, welche eine gewisse Sicherheit der Haltung aufweisen, denn Personen, die bei gewöhnlicher Fusstellung unsicher stehen, würden bei zusammenstehenden Fusspitzen

noch grössere Unsicherheit zeigen). Die gewöhnliche Fussstellung bei zusammenstehenden Fersen ist die einer mässigen Abduktion der Fusspitzen. Bei dieser Stellung der Füsse ist aber die Entfernung der Tuberositas von der Geraden, welche die hinteren Ränder der zwei Füsse miteinander verbindet (das ist die Entfernung der Tuberositas von der verlegbaren Leiste), geringer als bei der Ausgangsstellung, für die unsere vorher angegebenen Zahlen gelten (äusserer Fussrand senkrecht auf die verlegbare Leiste). Jetzt liegt in der Regel der Schwerpunkt vor der Tuberositas. Also bei zusammenstehenden Fersen und mässig abduzierten Fusspitzen (Abduktion von ca. 40°, die gewöhnliche bequeme Haltung, die die Versuchsperson von selbst auf dem Brette einnimmt) liegt die Schwerlinie vor der Tuberositas oss. metatarsal. V. Wir können uns auch erklären, warum diese Stellung gerne eingenommen wird; bei dieser Stellung liegt die Schwerlinie der Mitte der Standfläche nahe, so dass die Haltung eine sichere ist, während bei zusammenstehenden Füssen die Schwerlinie zu weit nach hinten liegt; die Haltung ist eine unsichere, mit der Neigung nach hinten zu fallen. Natürlich ist im ersten Fall die Standfläche auch grösser als im zweiten Fall, was auch die Sicherheit der Haltung beeinflusst.

Ich untersuchte nun eine eventuelle Änderung der Lage der Schwerlinie in Bezug auf die Füsse bei verschiedenen Fussstellungen. Zu solchen Untersuchungen wurden auch nur Personen benutzt, welche eine gewisse Sicherheit der Haltung aufzuweisen hatten, bei denen in 2—3maliger Untersuchung immer gleiche Resultate erzielt wurden. Durch untergelegte flache Brettchen wurden die Fersen gehoben, während die Fusspitzen ihre Lage beibehielten. Es zeigte sich nun, dass der Zeiger seine Lage nicht veränderte oder er eine so unbedeutende Zunahme zeigte, dass dadurch kaum eine in Betracht zu ziehende Verlagerung der Schwerlinie in Bezug auf die Füsse eintrat.

Es wurde dann das Fussgewölbe mittels eines Verbands abgeflacht und das bewirkte auch keine merkliche Änderung des Teilgewichts.

Das Stehen auf einem Fusse bringt so grosse Unsicherheit der Haltung, dass es wohl sehr schwierig ist, in solchem Fall zu einem Resultat zu gelangen. Nur in einem Falle konnte auch diese Untersuchung mit Erfolg ausgeführt werden. Der eine Fuss wurde bei gestrecktem Knie leicht nach vorn gehoben; der Zeiger der Wage zeigte in diesem Falle auch keine Änderung des Teilgewichts. Ebenfalls wurde die Schwerlinie in Bezug auf die Füsse nicht verrückt bei Einnahme einer Haltung mit auseinander liegenden Füssen, wie sie etwa die Matrosen einnehmen; da das Brett des Apparates schmal ist, konnte die Distanz zwischen den zwei Füssen nicht sehr gross genommen werden.

Wir sehen, es besteht das Bestreben, die Lage der Schwerlinie in Bezug auf die Füsse bei den verschiedenen Fusstellungen in einer bestimmten Entfernung von der Ferse beizubehalten.

Dass damit nicht gesagt ist, dass die Schwerlinie auch in Bezug auf andere Körperpunkte ihre Lage unverändert beibehielt, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden. Bei unserer Versuchsanordnung wurde natürlich nur die Lage der Schwerlinie in Bezug auf vorn und hinten, nicht aber auch in Bezug auf rechts und links bestimmt.

Es wurde auch ein von Lowett und Reynolds angegebener Versuch wiederholt nachgeprüft, mit dem gleichen Ergebnis wie bei den zwei Autoren. Die Versuchsperson wird aufgefordert, sich nach vorn zu beugen bei gestreckten Knien, soweit als möglich ist, und in dieser Lage zu verharren. Nach einigen Oscillationen der Nadel am Anfang, bleibt die Nadel ruhig und sie zeigt das nämliche Teilgewicht wie bei der aufrechten Körperhaltung. Die Schwerlinie hat

ihre Lage in Bezug auf die Füsse wieder nicht verändert. Den Versuch modifizierte ich auch in der Weise, dass ich die Person mit dem Rücken gegen die Wage gewendet auf dem Brette stehen liess. Die Füsse mussten auf dem Brette so stehen, dass die Schwerlinie, die bei gewöhnlicher Haltung (Gesicht gegen die Wage) bestimmt wurde, dieselben in der gleichen Entfernung von der Ferse traf. Das Teilgewicht war gleich wie bei der Haltung mit Gesicht gegen die Wage zu und blieb auch unverändert bei Nachvornbeugen des Rumpfes.

Schliesslich wurden auch einige Versuche angestellt, so bei Kniebeugen, Beugen des Rumpfes nach hinten. In beiden Fällen trat eine Zunahme des Teilgewichts gegenüber der aufrechten Körperhaltung, also eine Verlagerung der Schwerlinie in Bezug auf die Füsse nach vorn. Es trat gleichfalls eine Zunahme des Teilgewichts gegenüber der Ausgangstellung, bei Stellung der Füsse hintereinander oder Belastung des Körpers durch Tragen von Gewichten in den Händen.

Man könnte auch die Lage der Schwerlinie in Bezug auf rechts und links mit Hilfe des Apparates bestimmen und zwar dadurch, dass man die Untersuchungsperson auf dem Brette mit der einen Seite gegen die Wage zu gekehrt stellt. Diese Feststellung wäre von Interesse für die Diagnose von Skoliose und für Kontrolle des Einflusses von therapeutischen Massnahmen auf derselben, dann weiter für die Diagnose von einseitigen Fuss- und Beinleiden u. a. m.

Mit wenigen Worten können die Ergebnisse dieser Untersuchungen folgenderweise zusammengefasst werden:

Der von Robert W. Lowett und Edward Reynolds angegebene Apparat ist mit Leichtigkeit zu konstruieren und er gestattet auf einfache und ziemlich exakte Weise die Schwerlinie des menschlichen Körpers bei aufrechter Körperhaltung und ihre Beziehung zu den verschiedenen Körperstellen zu bestimmen.

Die Schwerlinie trifft die Füsse bei aufrechter Körperhaltung und gleichweit stehenden Fersen in einer bestimmten Entfernung von dem hinteren Rande der Fersen. Diese Entfernung ist in gewisser Beziehung von der Fusstellung unabhängig. Sie ist bei der Fusstellung mit nach vorn gerichteten oder eher etwas medial gerichteten Fusspitzen (äusserer Fussrand senkrecht auf die verlegbare Leiste) um 0,5—1,5 cm kleiner als die Entfernung der Tuberositas oss. metatarsalis V vom hinteren Fussrande. Bei zusammenstehenden Fersen und mässig abduzierten Fusspitzen (Abduktion von ca. 35°, die bequeme Haltung) um ebensoviel dahinter.

Für die gütige Überweisung dieser Arbeit und für ständige Unterstützung bin ich Herrn Professor Dr. F. Lange zu ergebenstem Danke verpflichtet.

Litteratur.

Joh. Alph. Borellus, De motu animalium. Lugduni Batavorum 1679.

W. Weber und E. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836.

G. H. Meyer, Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig 1873.

Harless, Die statischen Momente der menschlichen Gliedmassen. Abhandlungen der mathem.-physikal. Klasse der Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, 8. Bd. 1860, 1. Abteilung, München 1857.

Mosso, Applikation de la balance à l'étude de la circulation chez l'homme. Archives ital. de Biol. 1884, V, 131.

W. Braune und O. Fischer, Über den Schwerpunkt des menschlichen Körpers. Abhandlungen der Kgl. Sächs. Akademie der Wissenschaften, mathem.-physikal. Klasse, Bd. XV, Nr. VII, 561.

R. L. Lowett und E. Reynolds (übersetzt von A. Fleischner), Der Schwerpunkt des Körpers. Seine Lage in Bezug auf gewisse Knochenpunkte und seine Beziehungen zum Rückenschmerz. Zeitschrift für orthopädische Chirurgie Bd. XXVI, S. 579, 1910.

Lebenslauf.

Ich wurde am 30. Mai a. St. 1885 als Sohn des Kaufmanns Demetrius Alexandrides zu Serres in der europäischen Türkei geboren. In meiner Vaterstadt besuchte ich die Volksschule sowie das dortige griechische humanistische Gymnasium, welches ich im Jahre 1903 absolvierte. Dann bezog ich, als Student der Philosophie, die National-Universität Athen, woselbst ich zwei Semester lang studierte. Im Wintersemester 1904 immatrikulierte ich mich als Student der Medizin an der Universität zu Leipzig. Im Sommersemester 1907 unterzog ich mich dortselbst der ärztlichen Vorprüfung. Vom Wintersemester 1907/08 ab setzte ich meine medizinischen Studien in München fort, woselbst ich im Wintersemester 1910/11 die ärztliche Approbationsprüfung bestand. Vom 15. Januar d. Js. ab bis zum 1. Mai war ich an der hiesigen orthopädischen Poliklinik tätig. Seit dem 1. Mai arbeite ich an der medizinischen Poliklinik.

München, 12. Juli 1911.

Karl Alexandrides.